

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:

Yukio TOYOZAWA, et al.

Application No.: TBA

Group Art Unit: TBA

Filed: January 16, 2004

Examiner: TBA

For: SERVO MOTOR DRIVE CONTROL DEVICE

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIOR FOREIGN
APPLICATION IN ACCORDANCE
WITH THE REQUIREMENTS OF 37 C.F.R. § 1.55**

Commissioner for Patents
PO Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In accordance with the provisions of 37 C.F.R. § 1.55, the applicants submit herewith certified copies of the following foreign applications:

Japanese Patent Application Nos. 2003-011359 & 2003-135709

Filed: January 20, 2003 & May 14, 2003 respectively

It is respectfully requested that the applicants be given the benefit of the foreign filing dates as evidenced by the certified papers attached hereto, in accordance with the requirements of 35 U.S.C. § 119.

Respectfully submitted,

STAAS & HALSEY LLP

Date: 1-16-04

By: John C. Garvey

John C. Garvey
Registration No. 28,607

1201 New York Ave, N.W., Suite 700
Washington, D.C. 20005
Telephone: (202) 434-1500
Facsimile: (202) 434-1501

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 5月14日
Date of Application:

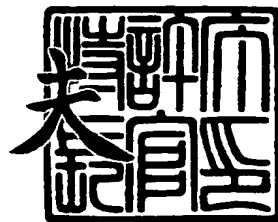
出願番号 特願2003-135709
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP 2003-135709.]

出願人 ファナック株式会社
Applicant(s):

2003年12月24日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井 康



出証番号 出証特2003-3107052

【書類名】 特許願

【整理番号】 21735P

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G05B 19/19

【発明者】

 【住所又は居所】 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地 ファ
 ナック株式会社 内

 【氏名】 豊沢 雪雄

【発明者】

 【住所又は居所】 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地 ファ
 ナック株式会社 内

 【氏名】 園田 直人

【特許出願人】

 【識別番号】 390008235

 【氏名又は名称】 ファナック株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100082304

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 竹本 松司

 【電話番号】 03-3502-2578

【選任した代理人】

 【識別番号】 100088351

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 杉山 秀雄

【選任した代理人】

 【識別番号】 100093425

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 湯田 浩一

【選任した代理人】

【識別番号】 100102495

【弁理士】

【氏名又は名称】 魚住 高博

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2003- 11359

【出願日】 平成15年 1月20日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 015473

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9306857

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 サーボモータ駆動制御装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 周期的に動作する被駆動体をサーボモータで駆動制御する制御装置であって、

前記被駆動体の位置を検出する位置検出器と、

サーボモータに与える位置指令と前記位置検出器からフィードバックされた前記被駆動体の位置との偏差をサンプリング周期毎に取得する手段と、

前記位置偏差を前記被駆動体の駆動と同期して出力される参照位置における所定位置での位置偏差に変換する第 1 の変換手段と、

第 1 の変換手段で求められた前記所定位置での位置偏差より該所定位置での補正データを求める補正データ算出手段と、

該補正データ算出手段で求めた補正データを少なくとも 1 周期分記憶する記憶手段と、

該記憶手段に記憶された前記所定位置に対応する補正データから前記サンプリング周期毎の補正データに変換する第 2 の変換手段とを備え、

前記位置偏差と第 2 の変換手段で求めた補正データに基づいて前記被駆動体を位置制御することを特徴とするサーボモータ駆動制御装置。

【請求項 2】 前記補正データ算出手段は、前記所定位置での位置偏差と前記記憶手段に記憶された 1 周期前の前記所定位置での補正データとを加算する加算手段と、該加算手段で加算された位置偏差をフィルタリングして新たな補正データを求め前記記憶手段に出力するフィルタ手段とを具備することを特徴とする請求項 1 に記載のサーボモータ駆動制御装置。

【請求項 3】 周期的に動作する被駆動体をサーボモータで少なくとも位置ループ制御を行って駆動制御する制御装置であって、

前記被駆動体の駆動と同期して出力される参照位置での所定位置に対する補正データを 1 周期分記憶する記憶手段と、

前記記憶手段に記憶された所定位置に対応する補正データよりサンプリング時間毎の補正データを求める第 2 の変換手段と、

該第2の変換手段で求められた補正データより補正量を求めて前記位置偏差を補正する手段と、

サンプリング時間毎に検出される位置偏差と前記第2の変換手段で求められた補正データを加算する加算手段と、

加算結果をフィルタリングしてサンプリング時間毎の更新された補正データを求めるフィルタ手段と、

該フィルタ手段から出力されたサンプリング時間毎の補正データより前記所定位置毎の補正データを求め前記記憶手段に出力する第1の変換手段と、

を備えたことを特徴とするサーボモータ駆動制御装置。

【請求項4】 前記第1の変換手段は、サンプリング時間毎に検出される位置偏差と前記参照位置より前記所定位置での位置偏差を得ることを特徴とする請求項1又は請求項2に記載のサーボモータ駆動制御装置。

【請求項5】 前記第1の変換手段は、サンプリング時間毎に求められた補正データからそれぞれ対応する前記所定位置での補正データを得ることを特徴とする請求項3に記載のサーボモータ駆動制御装置。

【請求項6】 前記参照位置は、前記被駆動体若しくは前記他の被駆動体に与えられる指令位置、又は前記被駆動体若しくは前記他の被駆動体の検出位置のいずれかであることを特徴とする請求項1乃至請求項5に記載のサーボモータ駆動制御装置。

【請求項7】 前記第2の変換手段は、サンプリング時間の参照位置と前記記憶手段に記憶する前記所定位置での補正データに基づいてサンプリング時間の補正データを求める請求項1乃至6の内いずれか1項に記載のサーボモータ駆動制御装置。

【請求項8】 速度指令又は速度フィードバック信号の極性を判定する極性判定部を備え、前記記憶手段は、速度指令の極性に応じてそれぞれの補正データを記憶する2つの記憶部を有し、前記極性判定部で判別された速度指令の極性に応じて2つの記憶部のいずれかに切り換えることを特徴とする請求項1乃至7の内いずれか1項に記載のサーボモータ駆動制御装置。

【請求項9】 前記記憶手段に記憶する補正データに対する前記所定位置は

、外部から基準信号が入力されたときの前記参照位置を零位置として前記各所定位置が決められる請求項 1 乃至 8 の内いずれか 1 項に記載のサーボモータ駆動制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、数値制御装置等の制御装置によって、駆動制御される工作機械や産業機械等におけるサーボモータの駆動制御装置に関する。特に、所定一定パターンの位置指令によって同一形状を繰り返し加工する等の同一動作パターンを繰り返し行う際に用いられる学習制御に関する。

【0002】

【従来の技術】

同一パターンの指令が繰り返し指令されて加工等を行う場合、制御偏差を零近くまで収束させて加工精度を向上させる方法として学習制御が知られている。この学習制御は、ワーク 1 回転等のパターン動作の時間を学習の周期として、ワークを複数回回転させて所定制御周期毎に位置偏差を求め、該位置偏差に基づいて補正データをメモリに記憶しておき、当該パターン周期の各制御周期の位置偏差に、メモリに記憶する 1 つ前のパターン周期における対応する制御周期の補正データを加算することによって、位置偏差を零に収束させようとするものである（例えば、特許文献 1、特許文献 2 参照）。

【0003】

また、回転軸に取り付けたワークに対して、直線移動軸に取り付けられた工具に、回転軸に同期して周期的に繰り返される位置指令によってワークを加工するようなとき、所定サンプリング周期毎に回転軸の位置に対応する直線移動軸位置をテーブルより求め、直線移動軸の位置指令とすると共に、この直線移動軸の位置偏差により 1 繰り返し周期分の補正データを求め記憶しておき、サンプリング時の位置偏差に対応する 1 繰り返し周期前の補正データを加算して、位置指令とする繰り返し制御による直線移動軸の制御方法も知られている（特許文献 3 参照）。

【0004】

【特許文献1】

特開平4-362702号公報

【特許文献2】

特開平6-309021号公報

【特許文献3】

特許第2757269号公報

【0005】


【発明が解決しようとする課題】

上述した特許文献1, 2に記載された発明においては、学習制御の1周期の補正データが1周期内のサンプリング時に対応して記憶されているものであることから、指令速度が変化すると、学習の周期が変化するため、すでに学習制御により、得られた補正データは使用できなくなり、再度補正データを作成する必要がでてくる。又、指令速度が変化し、その変化に周期性がない場合には、学習制御により得られる補正データは時間の関数として得られているものであるから、前回のパターン周期で得られた補正データは当該パターン周期における各制御周期における補正データに対応しなくなり、使用できないものとなる。

【0006】

同一パターン周期で指令される指令は位置の指令であり、位置に対応したパターンの指令である。しかし、学習制御で1パターン周期分の補正データを記憶するメモリには、位置・速度制御周期等の所定制御周期毎の補正データが1パターン周期分記憶されるものであり、1つ前のパターン周期で記憶した各制御周期毎の補正データの一番古いデータ、すなわち、1パターン周期前の補正データに基づく補正量が位置偏差に加算されるものであるが、モータ速度が変動していることから、この位置偏差に加算される1パターン周期前の補正データは、ワーク等の被駆動体の位置と対応しないものとなる。その結果、位置偏差は零に収束しないものとなる。

また上述した特許文献3に記載された発明のように、同期して駆動される回転軸と直線移動軸において、回転軸の位置に応じて直線移動軸に対する補正データ



を繰り返し周期の 1 周期分記憶しておき、サンプリング時の位置偏差に補正データを補正して直線移動軸の位置偏差を小さくする方法では、回転軸の位置によって補正データが記憶されているものであるから、速度が変わっても、繰り返し制御は有効に作用し位置偏差を小さくすることができる。しかし、この特許文献 3 に記載された発明では、回転軸のフィードバック位置より直線移動軸の位置を求める変換テーブルを必要とし、1 パターン周期のパターンが変わったときなどは、この変換テーブルを作成し直す必要があり、各種パターンの加工等に適用することが難しい。

【0007】

そこで、本発明の目的は、速度変動があっても、学習制御を有効に適用でき、また、同期するための位置信号に基づいて学習制御を適用でき、位置偏差を小さくできるサーボモータ駆動制御装置を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本願請求項 1 に係わる発明は、周期的に動作する被駆動体をサーボモータで駆動制御する制御装置であって、前記被駆動体の位置を検出する位置検出器と、サーボモータに与える位置指令と、前記位置検出器からフィードバックされた前記被駆動体の位置との偏差をサンプリング周期毎に取得する手段と、前記位置偏差を前記被駆動体の駆動と同期して出力される参照位置における所定位置での位置偏差に変換する第 1 の変換手段と、第 1 の変換手段で求められた前記所定位置での位置偏差より該所定位置での補正データを求める補正データ算出手段と、該補正データ算出手段で求めた補正データを少なくとも 1 周期分記憶する記憶手段と、該記憶手段に記憶された前記所定位置に対応する補正データから前記サンプリング周期毎の補正データに変換する第 2 の変換手段とを備え、前記位置偏差と第 2 の変換手段で求めた補正データに基づいて前記被駆動体を位置制御することによって、位置偏差を小さい値に保持できるようにした。

【0009】

また、請求項 2 に係わる発明は、前記補正データ算出手段を、前記所定位置での位置偏差と前記記憶手段に記憶された 1 周期前の前記所定位置での補正データ

とを加算する加算手段と、該加算手段で加算された位置偏差をフィルタリングして新たな補正データを求め前記記憶手段に出力するフィルタ手段で構成するようにした。

【0010】

請求項3に係わる発明は、周期的に動作する被駆動体をサーボモータで少なくとも位置ループ制御を行って駆動制御する制御装置であって、前記被駆動体の駆動と同期して出力される参照位置での所定位置に対する補正データを1周期分記憶する記憶手段と、前記記憶手段に記憶された所定位置に対応する補正データよりサンプリング時間毎の補正データを求める第2の変換手段と、該第2の変換手段で求められた補正データより補正量を求めて前記位置偏差を補正する手段と、サンプリング時間毎に検出される位置偏差と前記第2の変換手段で求められた補正データを加算する加算手段と、加算結果をフィルタリングしてサンプリング時間毎の更新された補正データを求めるフィルタ手段と、該フィルタ手段から出力されたサンプリング時間毎の補正データより前記所定位置毎の補正データを求め前記記憶手段に出力する第1の変換手段とを設け、同様に速度変動があっても位置偏差を小さく保持できるようにした。

【0011】

また、請求項4に係わる発明は、請求項1又は請求項2に係わる発明において、前記第1の変換手段を、サンプリング時間毎に検出される位置偏差と前記参照位置より前記所定位置での位置偏差を得るものとした。また、請求項5に係わる発明は、請求項3に係わる発明において、前記第1の変換手段を、サンプリング時間毎に求められた補正データからそれぞれ対応する前記所定位置での補正データを得るものとした。

【0012】

また、請求項6に係わる発明は、前記参照位置を、前記被駆動体若しくは前記他の被駆動体に与えられる指令位置、又は前記被駆動体若しくは前記他の被駆動体の検出位置とした。また、請求項7に係わる発明は、前記第2の変換手段を、サンプリング時間の参照位置と前記記憶手段に記憶する前記所定位置での補正データに基づいてサンプリング時間の補正データを求めるものとした。請求項8に

係わる発明は、速度指令又は速度フィードバック信号の極性を判定する極性判定部を設けると共に前記記憶手段に速度指令の極性に応じてそれぞれの補正データを記憶する2つの記憶部を設け、前記極性判定部で判別された速度指令の極性に応じて2つの記憶部のいずれかに切り換えて使用するようにした。さらに、請求項9に係わる発明は、前記記憶手段に記憶する補正データに対する前記所定位置を、外部から基準信号が入力されたときの前記参照位置を零位置として決めるようにした。

【0013】

【発明の実施の形態】

図1は、本発明の一実施形態の要部ブロック図である。数値制御装置等の上位制御装置から出力された位置指令 P_c からサーボモータ7に取り付けられて該サーボモータの位置（該サーボモータの位置により該サーボモータで駆動される被駆動体の位置）を検出する位置検出器8からの位置フィードバック P_f を演算器1で減じて位置偏差 ϵ を求め、該位置偏差 ϵ に後述する学習制御手段10からの補正量を演算器2で加算して補正し、この補正された位置偏差にポジションゲイン3を乗じて速度指令を求める。いわゆる位置ループ制御処理を行い速度指令を求める。この速度指令に対して、速度制御器4により、速度ループ制御処理を行い（サーボモータ又は被駆動体の速度を検出する図示していない速度検出器からのフィードバックされる速度と速度指令との差である速度偏差を求め比例積分制御等の速度ループ制御を行う）、電流指令を求める。この電流指令と図示していない電流検出器からフィードバックされる電流フィードバック量より電流制御器5で電流ループ制御処理して電流増幅器6を介してサーボモータ7を駆動制御する。

上述した構成及び作用は、演算器2で位置偏差に学習制御手段10からの補正量を加算する点を除いて、従来の、サーボ制御装置と同一である。

【0014】

本発明の実施形態においては、学習制御手段10がこのサーボ制御装置に付加され、しかも、この学習制御手段10は、補正量が位置偏差に補正される点において特徴を有するものである。

【0015】

学習制御手段10は、上位制御装置等からの基準信号でオンするスイッチ11と、所定サンプリング周期毎（位置、速度ループ処理周期毎）の前記位置偏差 ϵ を参照位置 Θ における所定位置 $\theta(n)$ に対する位置偏差に変換する時間・位置変換手段12と、該時間・位置変換手段（第1の変換手段）12で求められた所定位置 $\theta(n)$ における位置偏差とメモリ手段15に記憶する対応する1パターン周期前の所定位置 $\theta(n)$ における補正データを加算する加算器13と、加算器13の出力をフィルタ処理して補正データを求めるフィルタ手段（例えばFIR型のローパスフィルタ）14と、各所定位置の補正データを記憶するメモリ手段15と、該メモリ手段15の各所定位置 $\theta(n)$ に対応するメモリ部から読み出された補正データを位置ベースに対応するものから時間ベースに対応する補正データに変換する位置・時間変換手段（第2の変換手段）16と、該時間に対する補正データに対して制御対象の位相遅れとゲイン低下分を補償して演算器2に出力する動特性補償要素17より構成されている。

【0016】

参照位置 Θ は、このサーボモータ7で駆動制御される被駆動体と同期する基準となる位置である。このサーボモータ7に指令される位置指令 P_c 、又は位置検出器8からのフィードバック位置 P_f 、さらには、このサーボモータ7で駆動される被駆動体と同期して駆動される別の被駆動体を駆動するサーボモータへの位置指令やそのフィードバック位置でもよい。また、数値制御装置等の上位制御装置から出力される基準となる1パターン周期の位置でもよいもので、このサーボモータ7で駆動される被駆動体の1パターン周期における動作と同期した位置の信号で構成されるものであればよい。

【0017】

メモリ手段15には、繰り返し指令されて加工形状等のこの動作の1パターン周期を分割し、所定移動距離毎の参照位置 $\Theta(n)$ における所定位置 $\theta(n)$ の補正データを記憶するメモリ部を少なくとも備えている。1パターン周期を 2π として分割幅を d とすると少なくとも $(2\pi/d)$ 個のメモリ部を備えている。例えば、 $(2\pi/d) = q$ とすれば、パターンにおける参照位置 Θ における位置

$\theta(0) = 0 = 2\pi$ から位置 $\theta(q-1) = 2\pi - d$ までの各位置 $\theta(n)$ における補正データを記憶するメモリ部を備えている。以下、この $\theta(0) = 0 = 2\pi \sim$ 位置 $\theta(q-1)$ までのメモリ手段 15 に補正データが記憶される各位置をグリッド位置という。

【0018】

なお、メモリ手段 15 には、1 パターン動作（サーボモータ 7）の正回転時に対応した補正データを記憶するメモリと逆回転における補正データを記憶するメモリを備え、正・逆回転判定手段 20 によって、速度制御器 4 に入力される速度指令又は図示しないが速度フィードバック信号の極性より、サーボモータ 7 の回転方向を検出して自動的に正回転方向に対するメモリか、逆回転方向に対するメモリかを選択するようにしている。

【0019】

時間・位置変換手段 12 は、基準信号によってスイッチ 11 がオンしたとき、入力される参照位置 Θ を繰り返し制御におけるパターン周期の原点位置（原点グリッド位置）とし該位置を $\theta(0)$ とする。以下参照位置 Θ として入力される位置よりパターン周期における位置 $\theta(n)$ を求める。さらに、位置偏差 ϵ は所定サンプリング周期（位置・速度ループ処理周期）毎求められ、時間の関数として求められ、被駆動体の位置やサーボモータの回転位置に対応して求められるものではない。そこで、時間・位置変換手段 12 で、サンプリング周期で求めた位置偏差 ϵ を参照位置 Θ に基づいて、該参照位置 Θ における予め決められているグリッド位置 $\theta(n)$ における位置偏差に変換する。そして、加算器 13 で該グリッド位置 $\theta(n)$ における位置偏差とメモリ手段 15 に記憶する該グリッド位置 $\theta(n)$ に対応する補正データ $\delta(n)$ を加算してフィルタ手段 14 でフィルタ処理して当該グリッド位置 $\theta(n)$ の更新補正データ $\delta(n)$ を求め、該グリッド位置 $\theta(n)$ に記憶する補正データを更新する。

【0020】

又、位置・時間変換手段 16 は、サンプリング周期毎（位置、速度ループ処理周期毎）に、そのサンプリング周期で求めた参照位置 Θ に基づいて、該参照位置 Θ の前後のグリッド位置 $\theta(m)$, $\theta(m+1)$ における補正データ $\delta(m)$,

$\delta(m+1)$ より当該サンプリング時の参照位置 Θ における補正データ $\delta(n)$ を求める。この補正データは当該サンプリング時の補正データを意味し時間をベースとした補正データとなる。こうして求めた補正データを従来と同様に動特性補償要素 17 により位相遅れ、ゲインの低下を補償して補正量を求め演算器 2 に出力し、位置偏差 ϵ にこの補正量を加算し、ポジションゲイン 3 を乗じて速度指令を求めることになる。

【0021】

参照位置 Θ は、被駆動体及びサーボモータ 7 の駆動と同期して出力されるものであるから、参照位置 Θ と被駆動体及びサーボモータ 7 の位置は 1 体 1 の対応関係にあり、1 パターン周期前の参照位置は、被駆動体及びサーボモータ 7 の位置に対応し、そのときの位置偏差等で構成される補正データが当該サンプリング時の位置偏差に加算されることは、1 パターン周期前の位置偏差等で構成される補正データが加算されることを意味する。

【0022】

図 2 は、時間・位置変換手段 12 によるサンプリング時に得られた位置偏差 ϵ を参照位置 Θ の各グリッド位置 $\theta(n)$ における位置偏差に変換する処理の説明図である。横軸は時間（サンプリング時間）、縦軸の上方向は、参照位置 Θ を示す。又、縦軸の下方向は、位置偏差 ϵ を表す。

前サンプリング周期 $t(n-1)$ で求められた位置偏差が $\epsilon(n-1)$ 、参照位置 Θ が $\Theta(n-1)$ であったとする。当該サンプリング時 $t(n)$ において求められた位置偏差が $\epsilon(n)$ 、参照位置 Θ が $\Theta(n)$ とする。前サンプリング周期と今回のサンプリング周期における参照位置 $\Theta(n-1)$ と $\Theta(n)$ の間のグリッド位置を求める。例えば図 2 に示すようにグリッド位置 $\theta(c)$ がこの位置 $\Theta(n-1)$ と $\Theta(n)$ の間に存在するものとする。

【0023】

又、サンプリング時 $t(n-1)$ 、 $t(n)$ において、検出された位置偏差が $\epsilon(n-1)$ 、 $\epsilon(n)$ であると、参照位置 $\Theta(n-1)$ と $\Theta(n)$ の間で位置偏差が直線的に変化しているものと近似して、参照位置が $\Theta(n-1)$ と $\Theta(n)$ 間のグリッド位置 $\theta(c)$ での位置偏差 $\epsilon(c)$ は、次の 1 式で示すように、

内挿補間することによって、求めることができる。

【0024】

$$\varepsilon(c) = \varepsilon(n-1) + \{(\theta(c) - \Theta(n-1)) \cdot \{\varepsilon(n) - \varepsilon(n-1)\} / \{\Theta(n) - \Theta(n-1)\}\} \dots (1)$$

こうして求めたグリッド位置 $\theta(c)$ の位置偏差 $\varepsilon(c)$ とメモリ手段 15 のグリッド位置 $\theta(c)$ に対応して記憶する補正データ $\delta(c)$ を加算器 13 で加算し、その後、フィルタ手段 14 の処理をして新たなグリッド位置 $\theta(c)$ に対応する補正データ $\delta(c)$ を求め、メモリ手段 15 のグリッド位置 $\theta(c)$ に対応するメモリ部に格納し更新する。なお、参照位置 $\Theta(n-1)$ と $\Theta(n)$ ($=\theta(n)$) 間にグリッド位置がない場合には、メモリ手段の補正データの更新は行われない。又、この参照位置 $\Theta(n-1)$ と $\Theta(n)$ 間に複数のグリッド位置が存在する場合には、この複数のグリッド位置に対する補正データの更新がそれぞれなされる。

【0025】

図 3 は、位置・時間変換手段 16 によるサンプリング時に得られた参照位置 Θ より該サンプリング時の補正データ $\delta(n)$ を求める処理の説明図である。

当該サンプリング時に得られた参照位置が $\Theta(n)$ であるとする、該位置 $\Theta(n)$ の前後のグリッド位置 $\theta(m)$, $\theta(m+1)$ に対応してメモリ手段 15 に記憶する補正データが $\delta(m)$, $\delta(m+1)$ であったとする。そして、グリッド位置 $\theta(m)$ から $\theta(m+1)$ まで補正データは直線的に変化するものと近似すると、当該サンプリング時のパターン周期における参照位置 $\Theta(n)$ に対応する補正データ $\delta(n)$ は次の 2 式による補間処理によって得られる。

【0026】

$$\delta(n) = \delta(m) + \{\Theta(n) - \theta(m)\} \cdot \{\delta(m+1) - \delta(m)\} / \{\theta(m+1) - \theta(m)\} \dots (2)$$

こうして得られた補正データ $\delta(n)$ は、当該サンプリング時の参照位置 $\Theta(n)$ に対応し、サーボモータ 7 への指令位置 P_c にも対応するものであるから、当該サンプリング時における補正データとして用いることができ、前述したように動特性補償処理をして補正量を求め当該サンプリング周期の位置偏差に加算す

ることになる。

なお、各サンプリング時には、位置・時間変換手段16の処理を先に実行し、その後、時間・位置変換手段12の処理を実行し、メモリ手段15に記憶する補正データの更新を行うようにする。

【0027】

図4は、参照位置 Θ を当該サーボモータ7に取り付けられた位置検出器8からのフィードバック位置 P_f としたときの実施形態の要部ブロック図である。サーボ制御系に学習制御手段10が取り付けられたサーボモータ7のフィードバック位置 P_f を参照位置 Θ とするものであり、1パターン周期前の位置偏差等で構成される補正データに基づく補正量を当該サンプリング周期における位置偏差に加算されて該サーボモータ7が制御されるものである。なお、学習制御手段10の構成は図1で示した構成と同じである。

また、図5は、参照位置 Θ を当該サーボモータ7への位置指令 P_c としたものである。他の構成は図1と同一である。

【0028】

図6は、サーボモータ7で駆動される被駆動体と同期して駆動される他の被駆動体の位置を参照位置 Θ とするものである。この図6に示す例では、他の被駆動体を駆動するサーボモータ7'への位置指令 P_c' を参照位置 Θ として学習制御手段10に入力している。なお、この他の被駆動体を駆動するサーボモータ7'の制御系はサーボモータ7の制御系と同一であり、説明を省略する。

【0029】

図7は、サーボモータ7で駆動される被駆動体と同期して駆動される他の被駆動体のフィードバック位置（サーボモータ7'に取り付けられた位置検出器8'からのフィードバック位置） P_f' を参照位置 Θ とするものである。

【0030】

図8は、位置・速度ループ処理等を行うサーボ制御装置のプロセッサ、もしくは学習制御手段独自に設けたプロセッサが所定サンプリング周期（位置・速度ループ処理周期）毎実施する学習制御処理のフローチャートである。

【0031】

まず、数値制御装置等の上位制御装置が出力される位置指令 $P_c(n)$ を取り込むと共に、位置検出器 8 からフィードバックされてくる実際の位置 $P_f(n)$ 及び参照位置 $\Theta(n)$ を読み取る (ステップ 100~102)。参照位置 $\Theta(n)$ が、図 4 や図 5 に示すような、フィードバック位置 $P_f(n)$ や位置指令 $P_c(n)$ であれば、参照位置 $\Theta(n) = P_f(n)$ 、又は $\Theta(n) = P_c(n)$ となるからステップ 102 の処理は省略される。また、図 6, 図 7 の形態のように他の被駆動体への位置指令 P_c' やフィードバック位置 P_f' を参照位置 Θ とするときは、これらの位置が読み出されることになる。

【0032】

次に、指令位置 $P_c(n)$ からフィードバックされた実位置 $P_f(n)$ を減じて位置偏差 $\epsilon(n)$ を求める (ステップ 103)。そして、前述したように、読み取った参照位置 $\Theta(n)$ の前後のグリッド位置 $\theta(m)$, $\theta(m+1)$ を求め、該グリッド位置 $\theta(m)$, $\theta(m+1)$ に対応してメモリ手段 15 に記憶する補正データ $\delta(m)$, $\delta(m+1)$ を求め前述した 2 式の演算によって、参照位置 $\Theta(n)$ 、すなわち当該サンプリング周期時における補正データ $\delta(n)$ を求める (ステップ 104)。

【0033】

この補正データ $\delta(n)$ に対して動特性補償処理をして補正量を求める (ステップ 105)。求めた補正量をステップ 103 で求めた位置偏差 $\epsilon(n)$ に加算する (ステップ 106)。この補正量が加算された位置偏差にポジションゲインが乗じられて速度指令が求められ、さらには速度ループ処理がなされるが、この点は従来と同様であることから図 8 では省略している。

【0034】

一方、ステップ 101 で求めた参照位置 $\Theta(n)$ と 1 つ前のサンプリング周期で求めた参照位置 $\Theta(n-1)$ の間のグリッド位置 $\theta(c)$ を求め、参照位置 $\Theta(n-1)$ 、 $\Theta(n)$ と共に求めた各サンプリング時の位置偏差 $\epsilon(n)$, $\epsilon(n-1)$ により、前述した 1 式の演算処理を行うことによって、グリッド位置 $\theta(c)$ の位置偏差 $\epsilon(c)$ を求める (ステップ 107)。

【0035】

この求めた位置偏差 $\epsilon(c)$ とメモリ手段 15 に記憶するグリッド位置 $\theta(c)$ に対応する補正データ $\delta(c)$ を加算し (ステップ 108)、フィルタリング処理して更新した補正データ $\delta(c)$ を求め (ステップ 109)、グリッド位置 $\theta(c)$ の補正データを更新した補正データ $\delta(c)$ に書き替えて更新し (ステップ 110)、当該サンプリング周期の処理を終了する。

【0036】

以下、各サンプリング周期 (位置・速度ループ処理周期) 毎、上述した図 8 に示す処理を実行し、1 パターン周期における位置、すなわち、ワーク加工形状等における位置に対応して、補正量が求められ位置偏差を補正する、位置による学習制御がなされることになる。そのため、速度変動があっても、位置に対する補正データの関係は変動せず、正確に位置偏差を零に収束させることができる。

【0037】

図 9 は、本発明の第 2 の実施形態の要部ブロック図である。この第 2 の実施形態は、学習制御手段 10' の構成が異なるもので、時間・位置変換手段 (第 1 の変換手段) 12 がフィルタ手段 14 の後に設けられている点である。なお、第 1 の実施形態と対応する要素は同一符号を付している。

【0038】

この第 2 の実施形態では、サンプリング時に求めた位置偏差 $\epsilon(n)$ と、該サンプリングに対応する 1 パターン周期前の補正データを加算器 13 で加算した後フィルタ手段 14 の処理を行い、当該サンプリング時の補正データを求める。この補正データに対して時間・位置変換手段 (第 1 の変換手段) 12 で時間・位置変換処理を行いグリッド位置 $\theta(c)$ における補正データを求める。

【0039】

前周期のサンプリング時に求めた補正データを $\delta(n-1)$ 、当該サンプリング時に求めた補正データを $\delta(n)$ 、グリッド位置 $\theta(c)$ に対応する補正データを $\delta(c)$ とすると、上述した 1 式において、 $\epsilon(c)$ の代わりに $\delta(c)$ 、 $\epsilon(n-1)$ の代わりに $\delta(n-1)$ 、 $\epsilon(n)$ の代わりに $\delta(n)$ を用いて、次の 3 式の演算を行う。

【0040】

$$\delta(c) = \delta(n-1) + \{(\theta(c) - \Theta(n-1)) \cdot \{\delta(n) - \delta(n-1)\} / \{\Theta(n) - \Theta(n-1)\}\} \dots (3)$$

こうして求めたグリッド位置 $\theta(c)$ に対する補正データ $\delta(c)$ をメモリ手段 15 に格納し補正データ更新する。

又、位置・時間変換手段（第 2 の変換手段）16 による処理は、第 1 の実施形態と同一であり、該位置・時間変換手段 16 が加算器 13 に出力される点において相違するのみである。他は第 1 の実施形態と同一であり、説明を省略する。

【0041】

上述した各実施形態では、位置検出器 8, 8' で、サーボモータ 7, 7' の位置を検出してフィードバックするようにしたが、サーボモータ 7, 7' で駆動される被駆動体の移動位置を直接位置検出器で検出しフィードバック（ブロッククロズド・ループ）するものにも本発明は適用できるものである。

【0042】

図 10、図 11 は、本発明の効果を検証するために行った実験結果を表す図である。図 10 に示す例の実験では、速度指令が 300 rpm で速度が 1% 変化した場合の 1 回転につき 4 回の外乱成分を与えて、参照位置 Θ を自己の位置指令 P_c とし、図 5 に示した態様の本発明による位置による学習制御を行った場合（図 10 (c)）と、従来の学習制御を行った場合（図 10 (b)）、及び学習制御のない場合（図 10 (a)）を比較したものである。横軸が時間で縦軸は位置偏差である。

【0043】

図 10 (a) に示されるように、学習制御がない場合には 1% の速度変化があっても、位置偏差には変化がなく、大きな位置偏差となっている。

又、図 10 (b) に示す従来の学習制御（サンプリング時間毎による補正データを記憶する従来の学習制御方法）を適用したときには、速度変化が生じると位置偏差が増大し、速度変化に対応できないことが分かる。

【0044】

一方、本願発明の位置による学習制御を適用した図 10 (c) では、速度変化があっても、位置偏差は零に収束した小さな値に保持され、速度変化に対しても

追従していることが分かる。

【0045】

また、図11は、回転軸の角度に同期してラジアル方向の直線移動軸が正弦波状に往復運動し、直線移動軸の振幅と回転軸の回転数が時間と共に徐々に変化するように指令を与えて実験したものであり、学習制御を行わない場合（図11（a））、従来の時間ベースの学習制御を適用したとき（図11（b））。本発明の角度ベースの学習制御を適用したとき（図11（c））を比較したものである。本発明の適用は、図6に示す形態であり、直線移動軸をサーボモータ7で駆動し、該サーボモータ7のサーボ制御系に学習制御手段10が組み込まれ、回転軸を駆動するサーボモータ7'への位置指令 P_c' を学習制御手段10に入力する参照位置 Θ としたものである。なお、横軸が時間で縦軸は直線移動軸の位置偏差である。

【0046】

図11（a）は、学習制御を行わない場合の実験結果であり、大きな位置偏差が発生している。また、図11（b）は従来の時間をベースとした学習制御を行ったときの実験結果であり、位置偏差が小さくなるときもあるが、全体として大きな位置偏差が発生している。

一方、本発明の位置（角度）ベースの学習制御を適用した結果の図11（c）では、位置偏差は非常に小さなものになっている。なお、図11（a）、（b）は1区分が $20\mu\text{m}$ であることに対して図11（c）は、その $1/20$ の $1\mu\text{m}$ である。

【0047】

【発明の効果】

本発明は、学習制御において、繰り返し指令されるパターンにおける形状の位置に対応して補正データを記憶しておき、位置に対応して位置偏差を補正する学習制御としたから、速度変動があっても、位置偏差を零に収束するように小さなものにすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の一実施形態の要部ブロック図である。

【図 2】

同実施形態における時間・位置変換手段によるサンプリング時に得られた位置偏差を位置における位置偏差に変換する処理の説明図である。

【図 3】

同実施形態における位置・時間変換手段による位置に対する補正データからサンプリング時の補正データに変換する処理の説明図である。

【図 4】

参照位置を自己のフィードバック位置としたときの同実施形態の要部ブロック図である。

【図 5】

参照位置を自己の位置指令としたときの同実施形態の要部ブロック図である。

【図 6】

参照位置を他の同期駆動されるモータへの位置指令としたときの同実施形態の要部ブロック図である。

【図 7】

参照位置を他の同期駆動される被駆動体からのフィードバック位置としたときの同実施形態の要部ブロック図である。

【図 8】

同実施形態において、サンプリング周期毎実施される学習制御処理のフローチャートである。

【図 9】

本発明の第 2 の実施形態の要部ブロック図である。

【図 10】

本発明の図 5 に示す態様と、学習制御を行わない場合及び従来の学習制御を適用した場合における実験結果を表す図である。

【図 11】

本発明の図 6 に示す態様と、学習制御を行わない場合及び従来の学習制御を適用した場合における実験結果を表す図である。

【符号の説明】

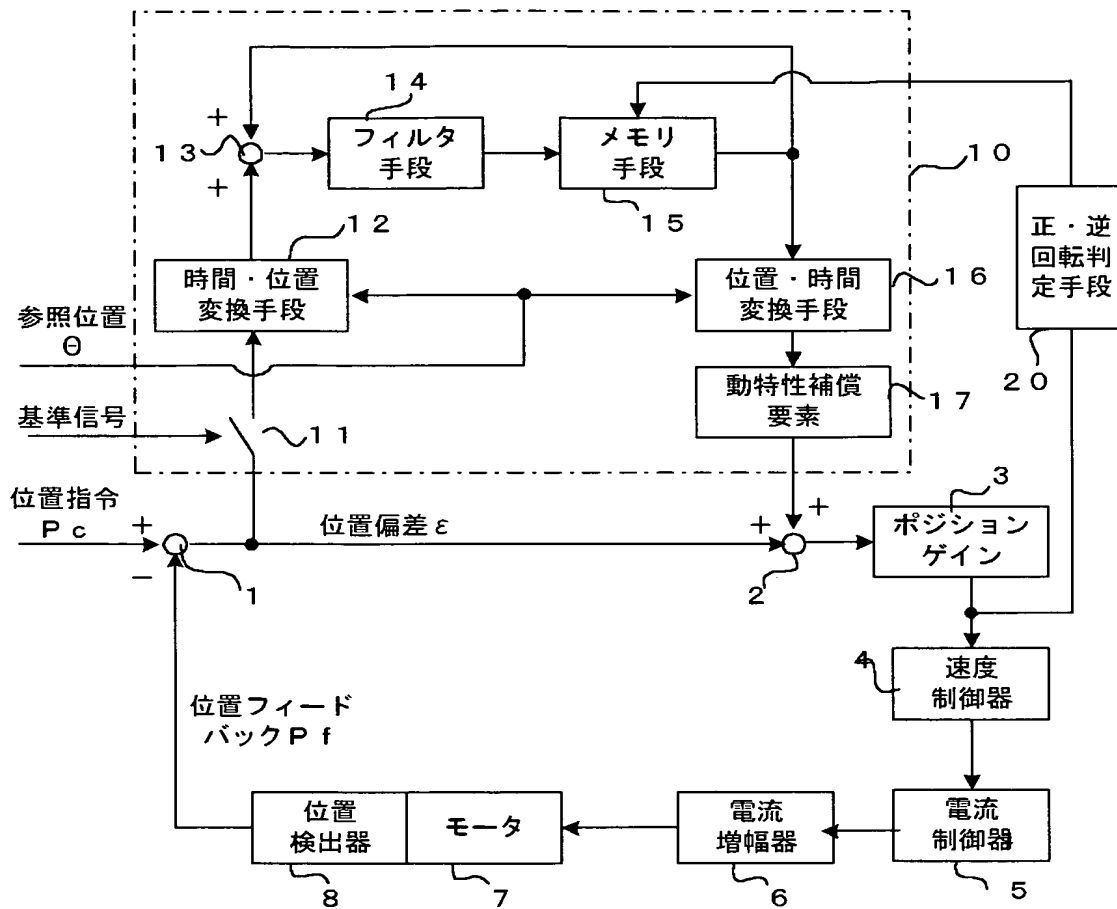
1, 2 演算器

1 0, 1 0' 学習制御手段

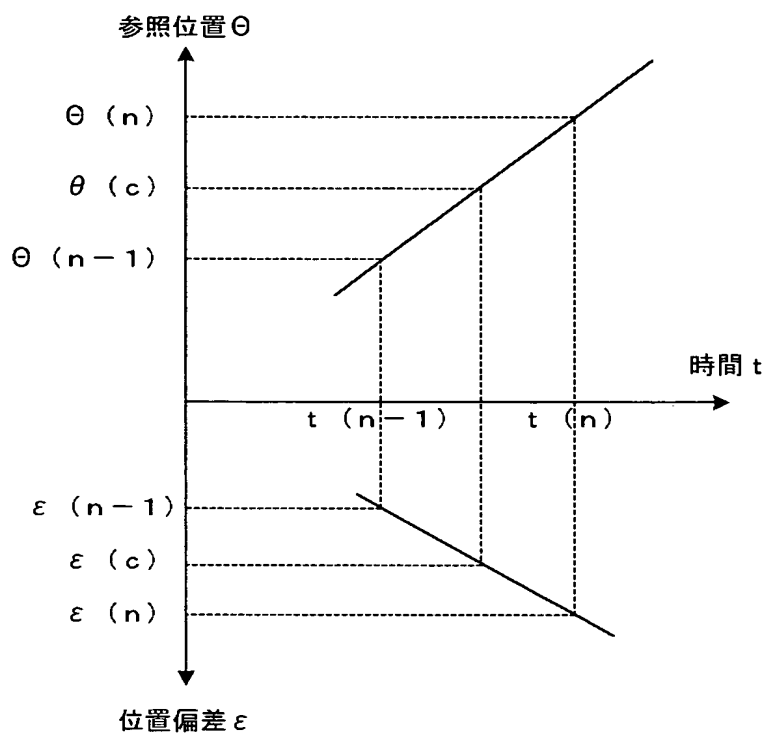
1 3 加算器

【書類名】 図面

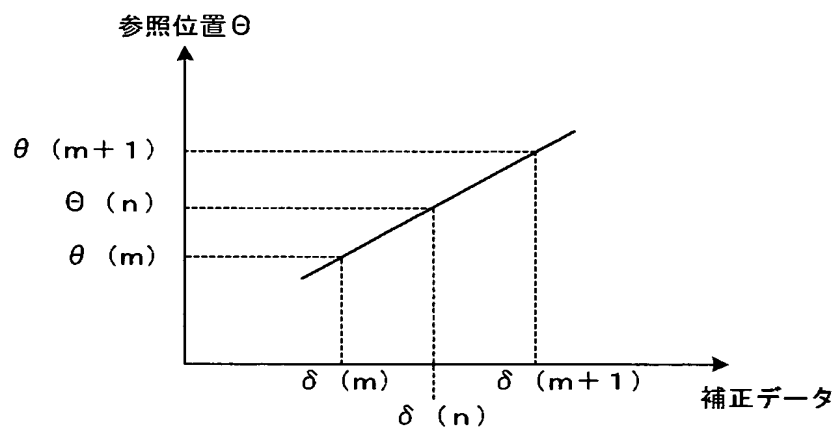
【図 1】



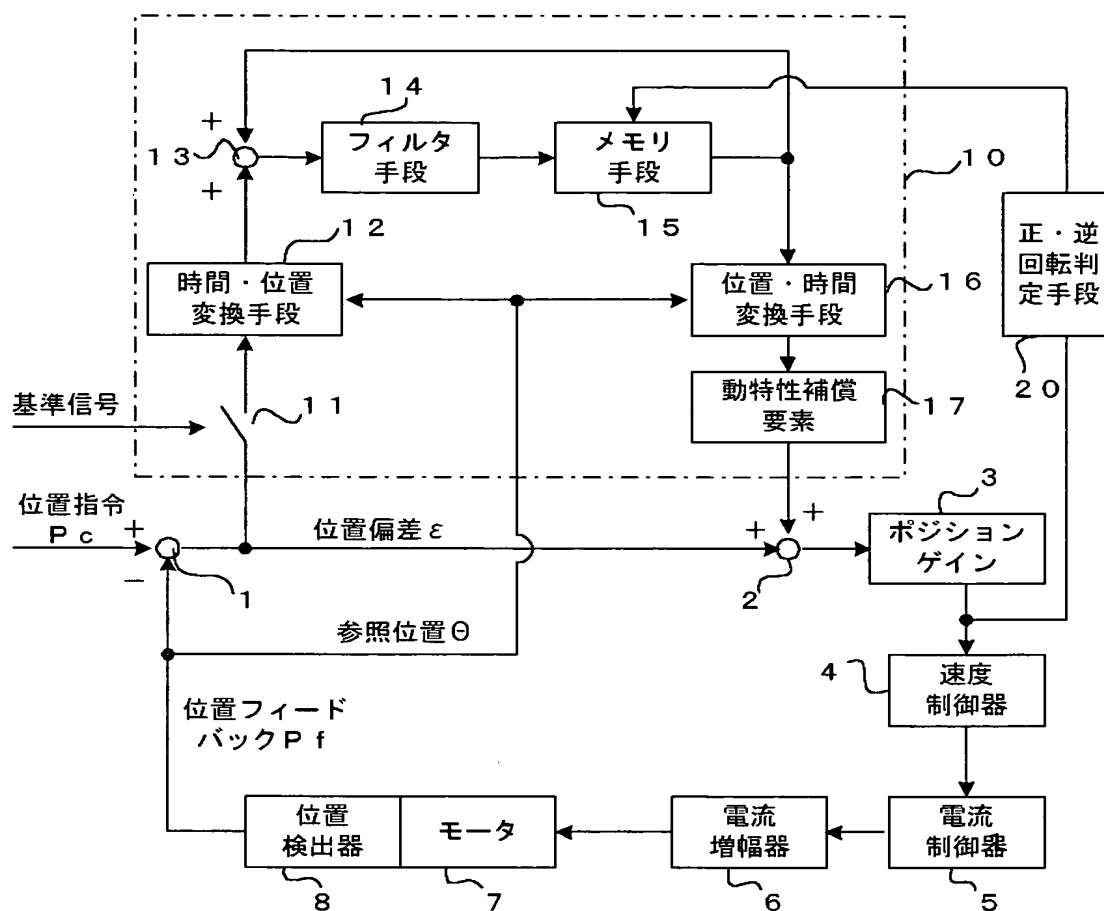
【図 2】



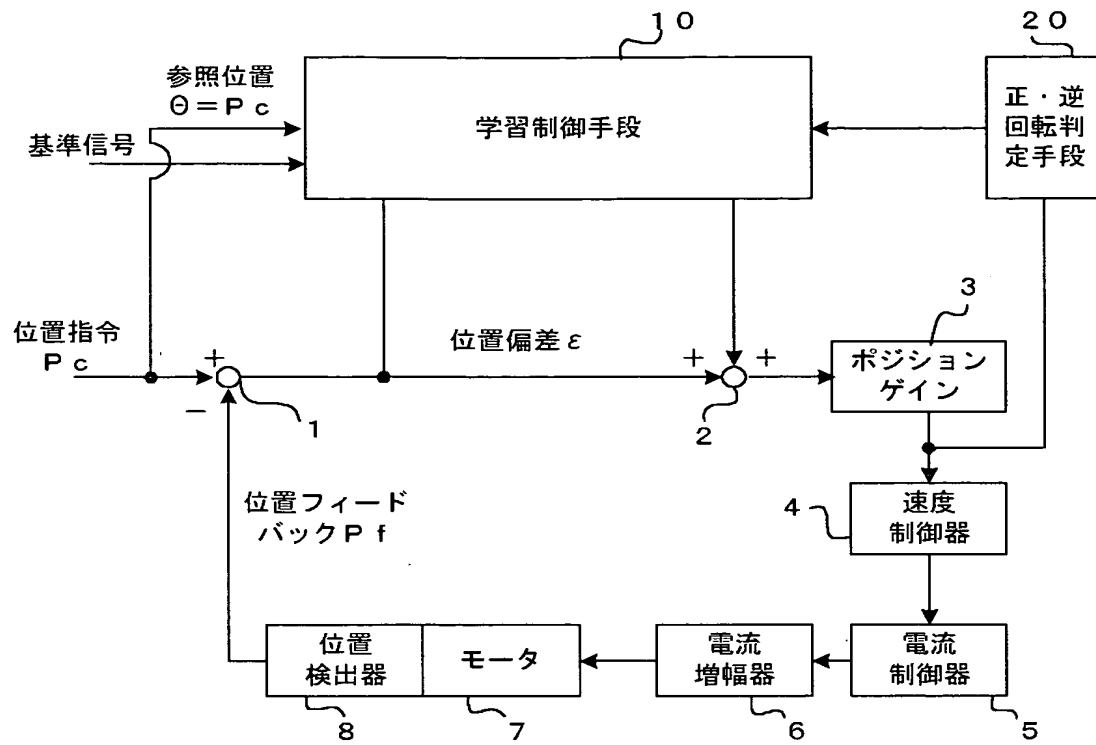
【図 3】



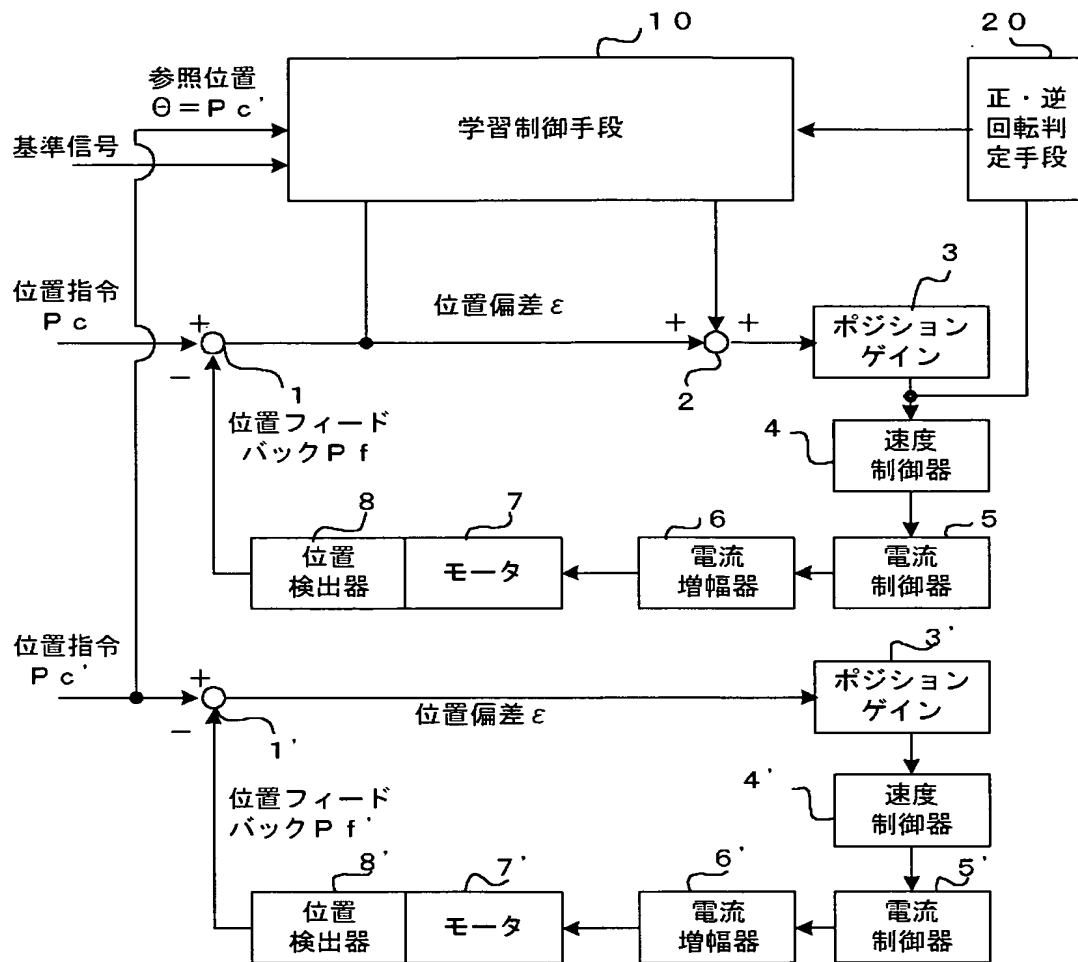
【図 4】



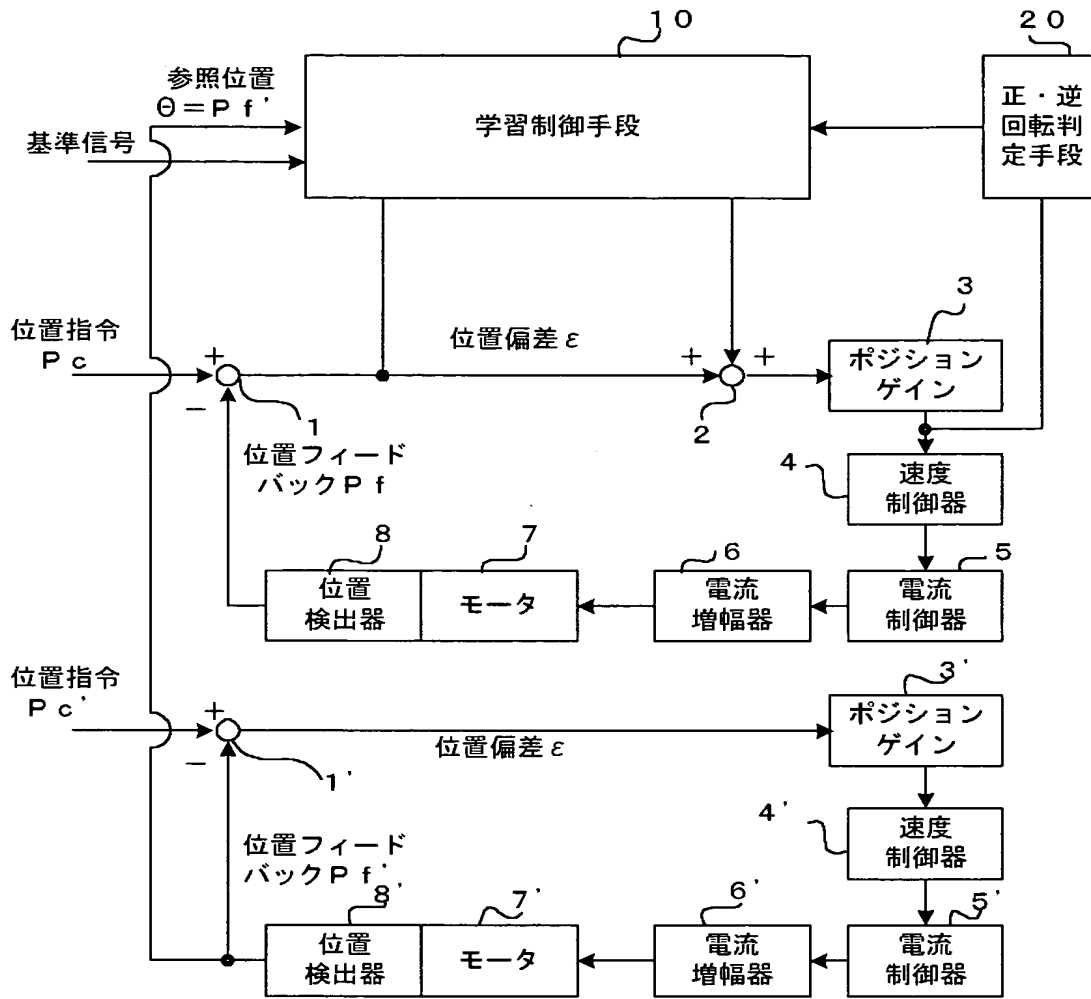
【図 5】



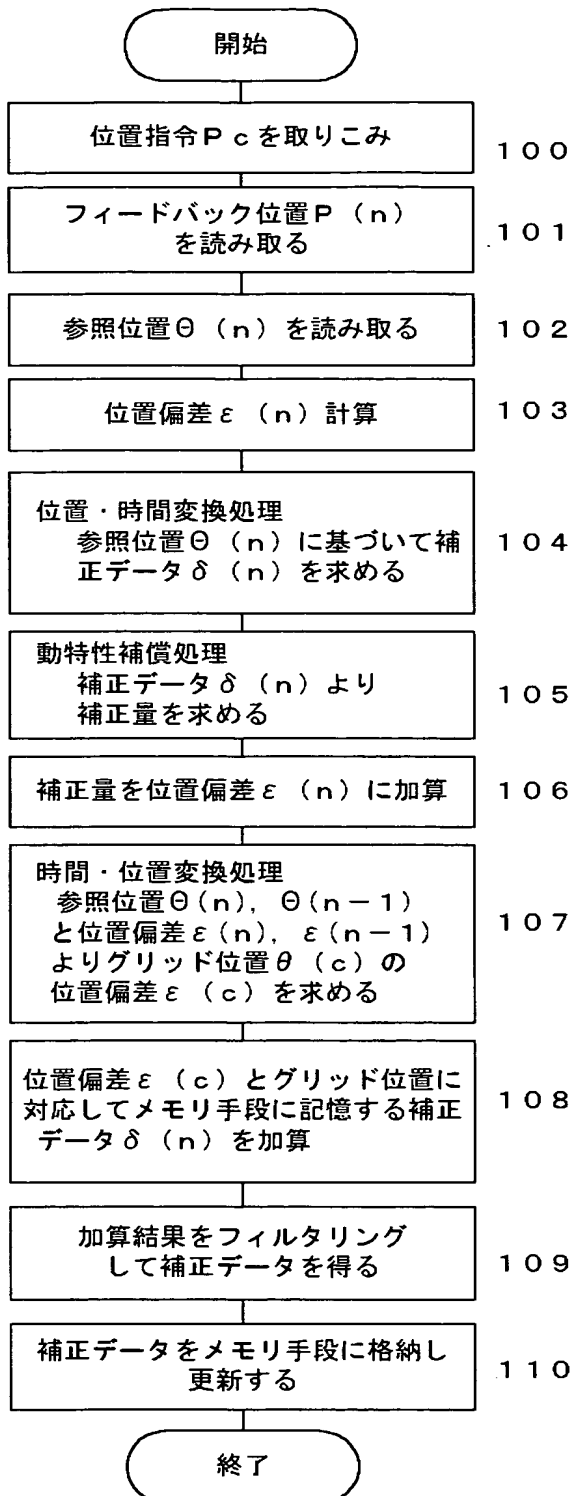
【図 6】



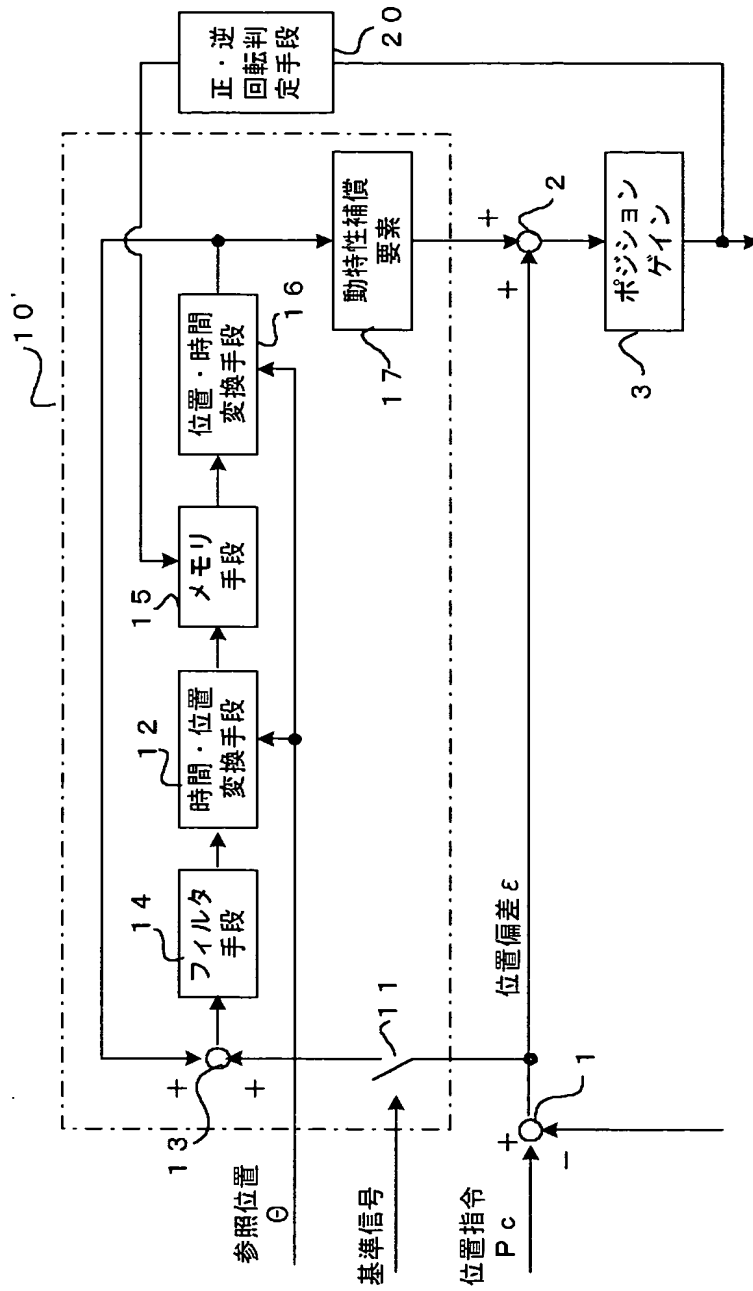
【図 7】



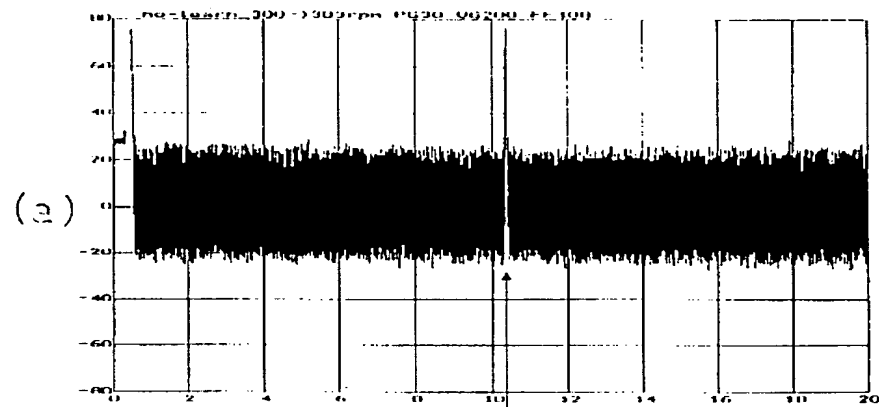
【図 8】



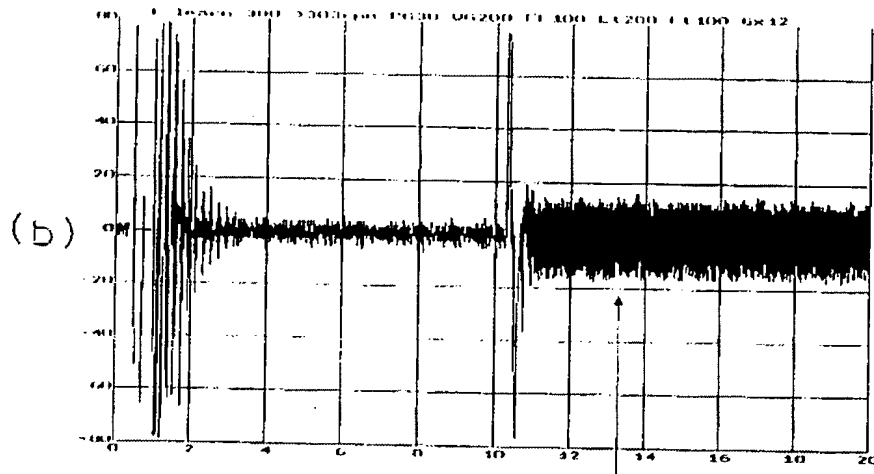
【図 9】



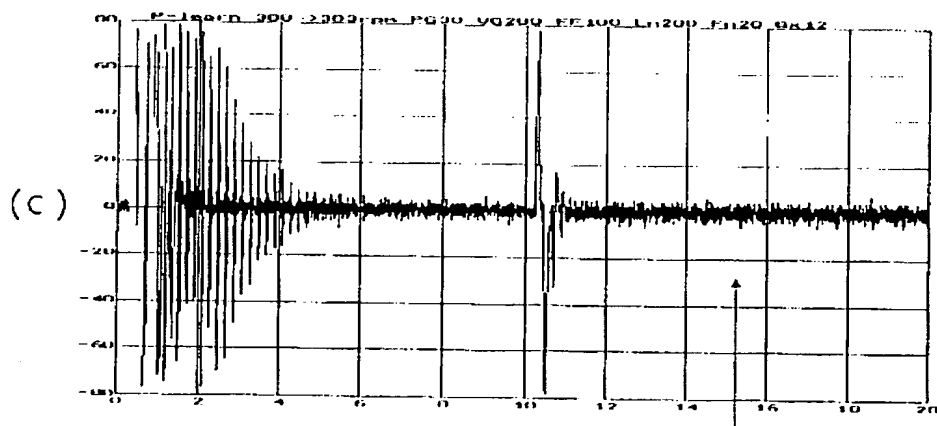
【図10】



1%速度変化

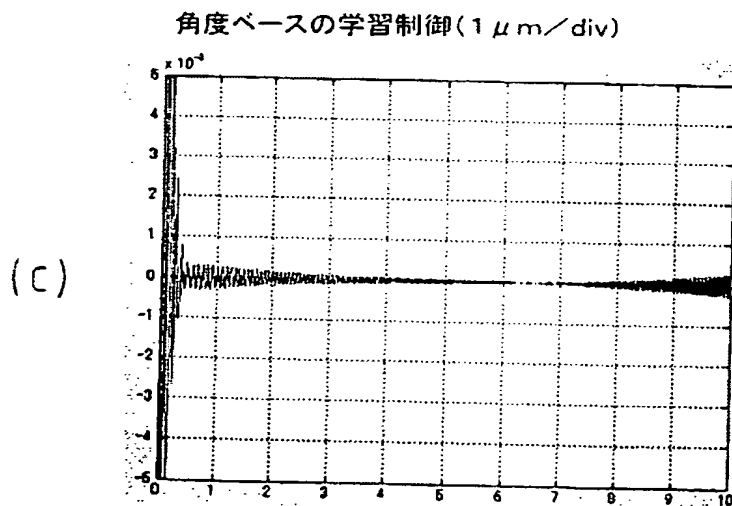
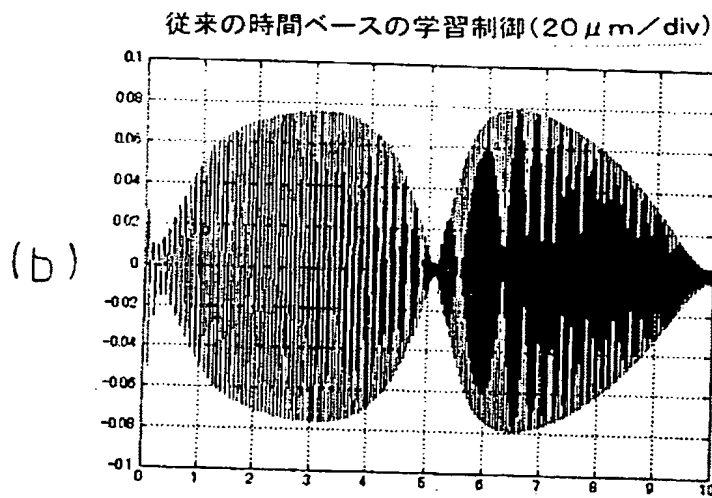
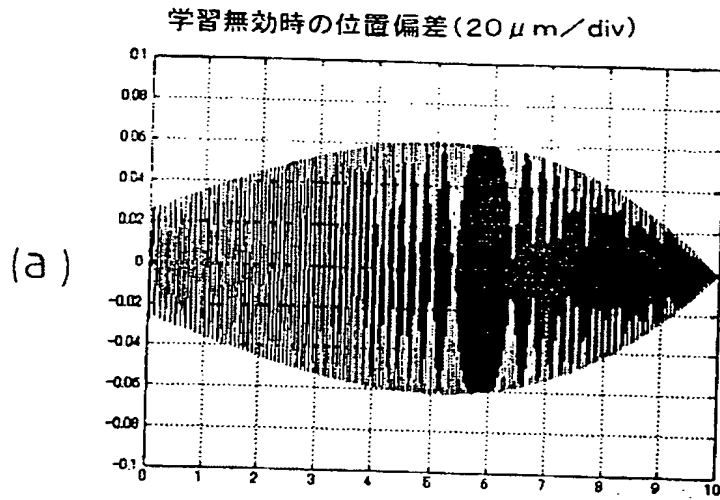


速度変化に対応できない



速度変化に追従可能

【図 11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 速度変動があっても、学習制御を有効に適用できるサーボモータ駆動制御装置を得る。

【解決手段】 パターン周期で繰り返し指令されて加工するときの学習制御である。時間・位置変換手段 12 でサンプリング時に求められる位置偏差 ϵ とサーボモータ 7 の駆動と同期して出力される参照位置 Θ より、該参照位置 Θ における所定位置の位置偏差を求める。該位置偏差とメモリ手段 15 に記憶する対応する補正データを加算しフィルタ処理 (14) して前記位置に対応する補正データを更新する。メモリ手段 15 に記憶する位置に対応する補正データと前記検出参照位置により、位置・時間変換手段 16 で当該サンプリング時の補正データを求める。この補正データを動特性補償処理して補正量を求め位置偏差に加算する。位置に応じて補正するから速度変動しても位置偏差を小さくできる。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 1 3 5 7 0 9
受付番号	5 0 3 0 0 7 9 9 4 5 9
書類名	特許願
担当官	第三担当上席 0 0 9 2
作成日	平成 1 5 年 5 月 1 9 日

< 認定情報：付加情報 >

【提出日】	平成15年 5月14日
-------	-------------

次頁無

特願 2 0 0 3 - 1 3 5 7 0 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[3 9 0 0 0 8 2 3 5]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 1 0 月 2 4 日

[変更理由]

新規登録

住 所

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地

氏 名

ファナック株式会社